Введение

Задачи выживания и эффективного функционирования в условиях рыночной экономики приводят владельцев предприятий к поиску источников дополнительной прибыли. Среди них можно выделить три основных направления: повышение цены на выпускаемую продукцию, повышение объемов выпускаемой продукции и снижение затрат на единицу продукции, что при постоянной рыночной стоимости продукции, также дает дополнительную прибыль.

Недопустимо рассматривать расходы на энергоносители в качестве накладных, что является достаточно распространенным явлением на российских предприятиях. Эти статьи расходов занимают существенную долю в себестоимости конечной продукции и требуют собственного целенаправленного менеджмента.

В российской действительности в условиях постоянного повышения цен на энергоносители этот вопрос становится все более актуальным. Это особенно важно на крупных предприятиях, которые, ввиду рыночных отношений и снижения спроса на выпускаемую ими продукцию, вынуждены значительно снижать производственные мощности, причем такое снижение в некоторых случаях достигает 90% от проектных. В этих условиях предприятия вынуждены нести дополнительные затраты по содержанию неиспользуемых мощностей.

Энергосбережение и углубление электрификации определяется обширной областью народного хозяйства, называемой электроэнергетикой. Система электроснабжения является частью этой области, которая может быть определена от границы раздела предприятия – энергосистемой до единичных электроприемников.

В последнее время проблема энергоснабжения в России стала очень актуальной. В связи с расширением производства требуется увеличивать пропускную способность линий, отключающую способность коммутационного оборудования. Возникает необходимость замены действующего технически изношенного оборудования более современным, более мощным и усовершенствования всей системы электроснабжения. В настоящее время появились более точные методы расчета электрических сетей.

В данной выпускной работе была поставлена задача модернизировать существующую систему электроснабжения цеха по производству хлебобулочных изделий ООО «Пальмира» в связи с износом оборудования и увеличением нагрузок.

**1. Проектирование электрической части цеха**

**1.1 Краткая характеристика цеха и режим работы подстанции**

**1.1.1 Краткая характеристика цеха**

Согласно ПУЭ цеха по производству хлебобулочных изделий не относится к пожароопасной и взрывоопасной зонам. Защита проводов и кабелей в сетях до 1 кВ и выбор сечений должны производиться по току срабатывания при перегрузке кабельной линии, току срабатывания автомата при коротком замыкании. Сечение кабеля выбираем по длительно допустимому току нагрузки и проверяем на соответствие токовой защиты. В сетях выше 1 кВ они должны быть проверены по экономической плотности тока. Выбранное сечение кабеля должно быть проверено на термическую стойкость токов К.З.

Согласно ПУЭ выбираем провода и кабели с алюминиевыми жилами, т.к. участок является не взрывоопасной зоной. Провода и кабели выполнены:

а) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;

б) кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Так как маловероятны повреждения проводников, то кабели и провода будем выбирать без защитной бронированной оболочки.

**1.1.2 Режим работы подстанции**

Режим работы – двухсменный.

**1.2 Категория потребителя по надежности электроснабжения**

**1.2.1 Категория потребителей по надежности электроснабжения**

Перерыв в электроснабжении не приведет к опасности для жизни людей, расстройству сложного технологического процесса и оборудования, а лишь к существенному недоотпуску продукции, простою людей, механизмов, промышленного транспорта. Поэтому согласно ПУЭ выбрана II категория по надежности электроснабжения. Электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

**1.2.2 Режим работы нейтрали**

На низкой стороне применена глухо-заземленная нейтраль.

Сопротивление заземления нейтрали определяется из следующих условий:

а) предотвращение опасных последствий при пробое изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора;

б) предотвращения недопустимого повышения напряжения фаз по отношению к земле и заземленных частей электроустановок низшего напряжения при замыканиях на землю.

При данном режиме работы нейтрали автоматика быстро отключает аварийные участки, изоляция проводников выполняется на фазные напряжения, что более дешево, чем при изолированной нейтрали. Глухое заземление нейтралей электроустановок не только предупреждает возникновение в них дуговых перенапряжений, но и приводит к облегчению их изоляции по отношению к земле, что дает возможность снижения уровня изоляции, следовательно, и снижение затрат, причем экономия увеличивается с ростом напряжения сети.

На высокой стороне будет использована изолированная нейтраль, так как токи короткого замыкания невелики и не требуется моментального отключения линий.

**1.3 Выбор величины питающего напряжения**

Для внутрицеховых электросетей наибольшее распространение имеет напряжение 380В, основным преимуществом которого является возможность совместного питания силовых и осветительных электроприемников. Так как номинальное напряжение электроприемников равно 380В и единичная установленная мощность не превышает 250 кВт, то уровень питающего напряжения внутри цеха принят 380/220В, согласно номинальному напряжению потребителей цеха.

**1.4 Определение расчетной мощности цеха**

Паспортные данные электродвигателей, необходимые для дальнейшего расчета, сводим в таблицу 1.1

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование потребителя | Рн,  кВт | n, шт. | Ки | соsц | КПД, % | ПВ, % |
| 1 | Тестомешальная машина | 4 | 9 | 0,6 | 0,75 | 100 | 40 |
| 2 | Тестомешальная машина HYM 220-H (Турция) | 5,5 | 20 | 0,6 | 0,8 | 100 | 40 |
| 3 | Дежеподъёмник | 2,2 | 11 | 0,65 | 0,7 | 100 | 40 |
| 4 | Делитель теста | 5,5 | 8 | 0,65 | 0,7 | 100 | 60 |
| 5 | Привод расточного шкафа | 1,5 | 9 | 0,6 | 0,45 | 100 | 60 |
| 6 | Привод вентилятора | 0,75 | 4 | 0,6 | 0,55 | 100 | 60 |
| 7 | Циркуляционный вентилятор | 3 | 4 | 0,65 | 0,55 | 100 | 40 |
| 8 | Привод печи | 4 | 4 | 0,65 | 0,5 | 100 | 60 |
| 9 | Привод опрыскивания хлеба | 0,25 | 4 | 0,45 | 0,6 | 100 | 60 |
| 10 | Воздушная завеса | 2 | 1 | 0,4 | 0,45 | 100 | 40 |
| 11 | Освещение | 35 |  | 0,85 | 0,8 | 100 | 60 |
| 12 | Аварийное освещения | 2 |  | 0,85 | 0,8 | 100 | 15 |
| 13 | Вентиляция | 6 |  | 0,8 | 0,8 | 100 | 40 |

**1.4.1 Расчет мощности для потребителей группы В**

К группе В относятся электроприемники с Ки≥0.6

Суммарная среднесменная активная мощность

∑Рсм=∑Руст∙Ки (1.1)

где ∑Рсм–суммарная среднесменная активная мощность, кВт;

∑Руст–установленная мощность электроприемника, кВт;

Ки–коэффициент использования электроприемника [7]

∑Рсм =196,28 кВт

Суммарная среднесменная реактивная мощность

∑Qсм=∑Рсм∙tgц (1.2)

где ∑Qсм–суммарная среднесменная реактивная мощность, кВАр;

tgц–коэффициент реактивной мощности

∑Qсм=189,63 кВАр

Полная расчетная мощность по группе В

SрВ=, (1.3)



где SрВ–полная расчетная мощность по группе В, кВА;

РрВ–расчетная активная мощность по группе В, кВт;

РрВ=∑Рсм

QрВ – расчетная реактивная мощность по группе В, кВАр;

QрВ=∑Qсм

Sр= кВА



**1.4.2 Расчет мощности для потребителей группы А**

К группе А относятся электроприемники с Ки<0.6

Средневзвешенный коэффициент использования

Ки ср= (1.4)



Ки ср=



Суммарная среднесменная активная мощность

∑Рсм=∑Руст∙Ки

∑Рсм=1,25 кВт

Суммарная среднесменная реактивная мощность

∑Qсм=∑Рсм∙tgц

∑Qсм =2,19 кВАр

Эффективное число элекроприемников

nэ= (1.5)



nэ=



Принимаем ближайшее большее значение nэ = 3

Действительное число электроприемников N = 5

Так как N>nэ (5>3), то расчет будем вести с nэ = 5

Находим коэффициент максимума по графику или таблице Км=1,15.

Расчетная активная мощность по группе А

РрА=Км∙∑Рсм (1.6)

РрА =1,15∙1,25=1,44 кВт

Расчетная реактивная мощность по группе А

QрА=Qсм∙К`м (1.7)

где К`м=1,1 – так как nэ<10

QрА= 1,1∙2,19 = 2,41 кВАр

Полная расчетная мощность, потребляемая по группе А

SрА= (1.8)



SрА= кВА



**1.4.3 Нагрузка цеха без учета потерь в линиях и трансформаторах**

Расчетная активная мощность для групп потребителей

Рр=РрА+РрВ (1.9)

Рр=1,44+196,28=197,72 кВт

Расчетная реактивная мощность для групп потребителей

Qр=QрА+QрВ (1.10)

Qр=2,41+189,63=192,03 кВАр

Полная расчетная мощность для групп потребителей за наиболее загруженную смену

Sр= (1.11)



Sр= кВA



Результаты расчетов сводятся в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Потребитель | N | Pуст,  кВт | ∑Руст,  кВт | Ки |  | Рсм,  кВт | Qсм,  кВАр | nэ | Км | Рр,  кВт | Qp,  кВАр | Sp,  кВА |
| Группа В.  1. Тестомешальная машина | 9 | 4 | 36 | 0,6 |  | 21,6 | 19,05 |  |  |  |  |  |
| 2. Тестомешальная машина HYM 220-H (Турция) | 20 | 5,5 | 110 | 0,6 |  | 66 | 49,5 |  |  |  |  |  |
| 3. Дежеподъёмник | 11 | 2,2 | 24,2 | 0,65 |  | 15,73 | 16,05 |  |  |  |  |  |
| 4. Делитель теста | 8 | 5,5 | 44 | 0,65 |  | 28,6 | 29,18 |  |  |  |  |  |
| 5. Привод расстоичного шкафа | 9 | 1,5 | 13,5 | 0,6 |  | 8,1 | 16,07 |  |  |  |  |  |
| 6. Привод вентилятора | 4 | 0,75 | 3 | 0,6 |  | 1,8 | 2,73 |  |  |  |  |  |
| 7. Циркуляционный вентилятор | 4 | 3 | 12 | 0,65 |  | 7,8 | 11,84 |  |  |  |  |  |
| 8. Привод печи | 4 | 4 | 16 | 0,65 |  | 10,4 | 18,01 |  |  |  |  |  |
| 11. Освещение |  | 35 | 35 | 0,85 |  | 29,75 | 22,31 |  |  |  |  |  |
| 12. Аварийное освещение |  | 2 | 2 | 0,85 |  | 1,7 | 1,27 |  |  |  |  |  |
| 13. Вентилятор |  | 6 | 6 | 0,8 |  | 4,8 | 3,6 |  |  |  |  |  |
| Итого по гр. В | 69 | 26,45 | 301,7 | 0,68 |  | 196,28 | 189,63 |  |  | 196,28 | 189,63 | 272,92 |
| Группа А. 9. Привод опрыскивания цеха | 4 | 0,25 | 1 | 0,45 |  | 0,45 | 0,6 |  |  |  |  |  |
| 10. Воздушная завеса | 1 | 2 | 2 | 0,4 |  | 0,8 | 1,59 |  |  |  |  |  |
| Итого по гр. А | 5 | 2,25 | 3 | 0,43 |  | 1,25 | 2,19 | 5 | 1,15 | 1,44 | 2,41 | 2,80 |
| Итого по цеху | 74 | 28,7 | 304,7 | 0,55 |  | 197,72 | 191,82 |  |  | 197,77 | 192,03 | 275,63 |

1.5 Определение нагрузки цеха с учетом потерь в линиях и трансформаторах

**1.5.1 Активная мощность с учетом потерь**

Ррґ =∆Ртр+∆Рл+Рр=0,2∙Sр+0,03∙Sр+Рр, (1.12)

где Ррґ –активная мощность сучетом потерь, кВт;

∆Ртр–потери активной мощности в трансформаторе, кВт; [5]

∆Рл–потери активной мощности в линиях электропередач, кВт [5]

Рґр=0,02∙275,63+0,03∙275,63+197,72=211,50 кВт

**1.5.2 Реактивная мощность с учетом потерь**

Qґр=Qр+∆Qтр=Qр+0,1∙Sр, (1.13)

где Qґр–реактивная мощность с учетом потерь, кВАр;

∆Qтр–потери реактивной мощности в трансформаторе, кВАр [5]

Qґр=192,03+0,1∙275,63=219,60 кВАр

**1.5.3 Полная расчетная мощность с учетом потерь**

Sґр= (1.14)



Sґр= кВА



**1.5.4 Коэффициенты мощности**

Коэффициент активной мощности

cosцґ=, (1.15)



где cosцґ – коэффициент активной мощности с учетом потерь

cosцґ=



Требуемый коэффициент активной мощности по предприятию .



Коэффициент реактивной мощности

tgцґ= (1.16)



где tgцґ – коэффициент реактивной мощности с учетом потерь

tg цґ=



**1.5.5 Компенсация реактивной мощности**

Компенсация реактивной мощности (КРМ) является неотъемлемой частью задачи электроснабжения промышленного предприятия. Компенсация реактивной мощности одновременно с улучшением качества электроэнергии в сетях промышленных предприятий является одним из основных способов сокращения потерь электроэнергии.

Электрические сети предприятий по функциональным признакам работы электроустановок и средствам КРМ условно подразделяют на сети общего назначения и сети со специфическими (нелинейными, несимметричными и резкопеременными) нагрузками. В качестве средств КРМ в сетях общего назначения применяют высоковольтные и низковольтные конденсаторные батареи и синхронные электродвигатели. В сетях со специфическими нагрузками, кроме того, применяют фильтры высших гармоник, статические компенсаторы реактивной мощности, специальные быстродействующие синхронные компенсаторы, симметрирующие и фильтросимметрирующие устройства.

Количество реактивной мощности, которую необходимо скомпенсировать

, (1.17)



где – расчетный коэффициент реактивной мощности



=tg цґ=1,04



– требуемый коэффициент реактивной мощности.



Требуемый коэффициент активной мощности , тогда



=



(1.18)



Qкомп=211,50∙(1,04–0,48)=117,16 кВАр

Для компенсации выбираем две конденсаторные установки типа УКБ – 0,38–50УЗ. Общая мощность компенсаторных устройств Qк1=100 кВАр. Компенсация получается неполной. Количество не скомпенсированной мощности

Qост = Qґр – Qк1

Qост=219,60–2∙50=119,60 кВАр

Полная расчетная мощность с учетом компенсации

кВАр



**1.6 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов**

Мощность силовых трансформаторов в нормальных условиях должна обеспечивать питание всех приемников электроэнергии промышленных предприятий. Выбор мощности силовых трансформаторов следует осуществлять с учетом экономически целесообразного режима их работы и соответствующего обеспечения резервирования питания потребителей при отключении одного из трансформаторов.

Намечаем два варианта расчета числа и мощности трансформаторов при равной надежности схемы электроснабжения.

#### Таблица 1.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Тип | SН,  кВА | U1/U2 | ∆Pxx, Вт | ∆Pкз, Вт | Ixx, % | Uк, % | Кол-во |
| I | ТМ-160 | 160 | 6,3/0,4 | 500 | 2600 | 2,4 | 4,5 | 2 |
| II | ТМ-100 | 100 | 10/0,4 | 360 | 1970 | 2,6 | 4,5 | 4 |

**1.6.1 Вариант I**

Коэффициент загрузки

вI=, (1.19)



где SHI – номинальная мощность трансформатора, кВА

вI=



Потери активной мощности

∆РI=nI∙(∆PxxI+вI2∙∆PкзI), (1.20)

где ∆РI – потери активной мощности, кВт;

nI – количество трансформаторов;

∆РxxI – потери холостого хода, Вт;

∆Ркз – потери при коротком замыкании, Вт

∆РI=2∙ (0,5+0,72∙2,6)=3,52 кВт

Потери реактивной мощности

∆QI=nI∙, (1.21)



где ∆QI – потери реактивной мощности, кВАр;

Ixx – потери тока холостого хода, %;

Uк – потери напряжения при протекании токов короткого замыкания, %;

∆QI= кВАр



Потери активной энергии за год

∆WГI=nI(∆PxxI ∙TB+вI2∙∆PкзI∙фн), (1.22)

где ∆WГI – потери активной энергии за год, кВт∙ч;

ТВ – время включения оборудования в течение года, тыс. ч;

ф Н – время потерь в режиме нагрузки, тыс. ч;

Для двухсменного режима работы:

ТВ=4000 тыс. ч [5]

фН=2000 тыс. ч [5]

∆WГI=2∙ (0,5∙4000+0,72∙2,6∙2000)=9035 кВт∙ч

Потери реактивной энергии за год

∆VГI=nI∙ (1.23)



∆VГI= кВАр



Стоимость потерь за год

CnI=(m1∙∆PI +m2∙∆WГI)+(n1ґґ∙∆QI+n2ґґ∙∆VГI), (1.24)

где m1 – удельная стоимость потерь активной мощности 1 кВт;

m1=60 [5]

m2 – удельная стоимость потерь активной энергии 1 кВт∙ч;

m2=0,015 [5]

n1ґґ – удельная стоимость потерь реактивной мощности 1 кВАр;

n1ґґ=1,2 [5]

n2ґґ – удельная стоимость потерь реактивной энергии кВАр∙ч;

n2ґґ=0,0004 [5]

CnI=(60∙3,52+0,015∙9035)+(1,2∙14,65+0,0004∙30807,14)=376,48 тыс. руб.

Капитальные затраты на приобретение и монтаж трансформаторов

КI=ЦI∙nI (1.25)

где ЦI=90860 тыс. руб. – номинальная стоимость трансформатора на момент установки или монтажа [5]

КI =90860∙2=181720 тыс. руб.,

Приведенные годовые затраты

ЗГI=0,15∙KI+6,4∙+CnI (1.26)



ЗГI=0,15∙181720+6,4∙+376,48=39264,56 тыс. руб.



Аналогично производим расчет второго варианта: четыре трансформатора мощностью 100 кВА каждый.

Результаты сводим в таблицу 1.4.

#### Таблица 1.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Тип |  | ∆Р,  кВт | ∆Q,  кВАр | ∆W,  кВт∙ч | ∆V,  кВАр | С,  тыс. руб. | К,  тыс. руб. | З,  тыс. руб. |
| I | ТМ-160 | 0,7 | 3,52 | 14,65 | 9035 | 30807,14 | 376,48 | 181720 | 39264,56 |
| II | ТМ-100 | 0,56 | 5,81 | 15,98 | 10643,18 | 41711,54 | 428,40 | 301180,8 | 64881,09 |

На основании технико-экономического расчета по показателям выбираем наиболее рациональный трансформатор. Таким образом, устанавливаем на подстанции два трансформатора мощностью 160 кВА каждый.

**1.7 Выбор схемы электроснабжения с разбивкой потребителей по группам, с определением расчетной мощности потребителя по группам**

Разбросанные по цеху мелкие потребители объединены в группы и запитываются проводом АПВ в асбестовой трубе от распределительных пунктов (РП). Это позволяет защитить проводники от механических повреждений, кроме того, цех не будет загроможден электропроводкой, что дает возможность установления нового оборудования при расширении производства. Распределение электроэнергии происходит через распределительные шинопроводы типа ШРА. РП запитываются кабелем с шин цеховой подстанции. Кабели расположены в лотках, которые крепятся к потолку.

Рассмотрим РП-1

**1.7.1 Суммарная установленная мощность группы потребителей**

∑Руст=n1∙Рном1+ n3∙Рном3+ n4∙Рном4+ n5∙Рном5+ n6∙Рном6+ n7∙Рном7+ n8∙Рном8+ n9∙Рном9

∑Руст=4∙4+2∙2,2+1∙5,5+5∙1,5+1∙0,75+1∙3+1∙4+1∙0,25=36,90 кВт

**1.7.2 Среднесменная активная мощность группы потребителей**

∑Рсм=∑Руст1∙Ки1+∑Руст3∙Ки3+∑Руст4∙Ки4+∑Руст5∙Ки5+∑Руст6∙Ки6+∑Руст7∙Ки7+

+∑Руст8∙Ки8+∑Руст9∙Ки9

∑Рсм=16∙0,6+4,4∙0,65+5,5∙0,65+7,5∙0,6+0,75∙0,6+3∙0,6+4∙0,65+0,25∙0,45=22,95кВт

**1.7.3 Среднесменная реактивная мощность группы потребителей**

∑Qсм=Рсм1∙tg1+Рсм3∙tgц3+Рсм4∙tgц4+Рсм5∙tgц5+Рсм6∙tgц6+Рсм7∙tgц7+

+Рсм8∙tgц8+ Рсм9∙tgц9=26,9 кВт

**1.7.4 Средний коэффициент использования для группы А:**

Киср=



Киср==0,45



**1.7.5 Эффективное число электроприемников для группы А**

nэ=



nэ=



Принимаем nэ=1.

**1.7.6 Определяем коэффициент максимума по графику**

Км=1,6 [8]

**1.7.7 Расчетная активная мощность для группы А**

РрА=Км∙∑Рсм=Км∙(∑Руст9∙Ки9)

РрА=1,6∙ (0,25∙0,45)=0,18 кВт

**1.7.8 Расчетная активная мощность для группы В**

РрВ=РсмВ=∑Руст1∙Ки1+∑Руст3∙Ки3+∑Руст4∙Ки4+∑Руст5∙Ки5+∑Руст6∙Ки6+

+∑Руст7∙Ки7+∑Руст8∙Ки8

РрВ=16∙0,6+4,4∙0,65+5,5∙0,6+3∙0,6+0,75∙0,6+3∙0,65+4∙0,65=22,84 кВт

**1.7.9 Полная расчетная активная мощность**

Рр=РрА+РрВ

Рр=0,18+22,84=23,02 кВт

**1.7.10 Расчетная реактивная мощность для группы A**

QpA=Kмґ∙∑Qсм=Кмґ∙(Рсм9∙tgц9),

где Кмґ=1,1, т. к. nэ=1<10

QpA=1,1∙(0,11∙1,33)=0,17 кВАр

**1.7.11 Расчетная реактивная мощность для группы B**

QрВ=Рсм1∙tgц1+Рсм3∙tgц3+Рсм4∙tgц4+Рсм5∙tgц5+Рсм6∙tgц6+Рсм7∙tgц7+Рсм8∙tgц8

QрВ=9,6∙0,88+2,86∙1,02+3,58∙1,02+1,8∙1,98+0,45∙1,52+1,95∙1,52+0,11∙1,73=26,75 кВАр

**1.7.12 Полная расчетная реактивная мощность**

Qр=QрА+QрВ

Qр=0,17+26,75=26,92 кВАр

**1.7.13 Расчетная полная мощность**

Sp=



Sp= кВА



**1.7.13 Расчетный ток на группу потребителей**

Ip=, (1.27)



где Uс=0,38 кВ – напряжение системы.

Ip= А



Таблица 1.5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт  пита  ния | Наименование потребителей | ∑Руст,  кВт | Рсм,  кВт | Qсм,  кВАр | Ки СР | nэ | Км | Рр,  кВт | Qр,  кВАр | Sр,  кВА | Ip, А |
| РП-1 | 1. Тестомешальная машина | 16 | 9,6 | 8,47 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 3. Дежеподёмник | 4,4 | 2,86 | 2,92 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| РП-1 | 4. Делитель теста | 5,5 | 3,58 | 3,65 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 5. Привод расстоичного шкафа | 3 | 1,8 | 3,57 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 6. Привод вентилятора | 0,75 | 0,45 | 0,68 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 7. Циркуляционный вентилятор | 3 | 1,95 | 2,96 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 8. Привод печи | 4 | 2,6 | 4,5 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 9. Привод опрыскивания хлеба | 0,25 | 0,11 | 0,15 | 0,45 |  |  |  |  |  |  |
| **Итого по РП-1** | **36,9** | **22,95** | **26,9** | **0,61** | **13** | **1,6** | **23,02** | **26,92** | **35,41** | **53,81** |
| РП-2 | 1. Тестомешальная машина | 20 | 12 | 10,58 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 3. Дежеподёмник | 4,4 | 2,86 | 2,92 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 4. Делитель теста | 5,5 | 3,58 | 3,65 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 5. Привод расстоичного шкафа | 3 | 1,8 | 3,57 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 6. Привод вентилятора | 0,75 | 0,45 | 0,68 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 7. Циркуляционный вентилятор | 3 | 1,95 | 2,96 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 8. Привод печи | 4 | 2,6 | 4,5 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 9. Привод опрыскивания хлеба | 0,25 | 0,11 | 0,15 | 0,45 |  |  |  |  |  |  |
| **Итого по РП-2** | **40,9** | **25,35** | **29,02** | **0,61** | **15** | **1,6** | **25,41** | **29,03** | **38,59** | **58,62** |
| РП-3 | 3. Дежеподёмник | 6,6 | 4,29 | 4,38 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 4. Делитель теста | 16,5 | 10,72 | 10,94 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 5. Привод расстоичного шкафа | 4,5 | 2,7 | 5,36 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 6. Привод вентилятора | 0,75 | 0,45 | 0,68 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 7. Циркуляционный вентилятор | 3 | 1,95 | 2,96 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 8. Привод печи | 4 | 2,6 | 4,5 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 9. Привод опрыскивания хлеба | 0,25 | 0,11 | 0,15 | 0,45 |  |  |  |  |  |  |
| **Итого по РП-3** | **35,6** | **22,83** | **28,97** | **0,61** | **13** | **1,6** | **22,89** | **28,99** | **36,94** | **56,12** |
| РП-4 | 3. Дежеподёмник | 8,8 | 5,72 | 5,84 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 4. Делитель теста | 16,5 | 10,72 | 10,94 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 5. Привод расстоичного шкафа | 3 | 1,8 | 3,57 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 6. Привод вентилятора | 0,75 | 0,45 | 0,68 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| 8. Привод печи | 4 | 1,95 | 2,96 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 9. Привод опрыскивания хлеба | 0,25 | 2,6 | 4,5 | 0,65 |  |  |  |  |  |  |
| 10. Воздушная завеса | 2 | 0,11 | 0,15 | 0,4 |  |  |  |  |  |  |
| **Итого по РП-4** | **38,30** | **24,16** | **30,23** | **0,58** | **14** | **1,6** | **24,71** | **28,66** | **37,84** | **57,49** |
| ШРА-1 | 2. Тестомешальная шина | 55 | 33 | 24,75 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
| Итого по ШРА-1 | 55 | 33 | 24,75 | 0,6 |  |  | 33 | 24,75 | 41,25 | 62,67 |
| ШРА-2 | 2. Тестомешальная шина | 55 | 33 | 24,75 | 0,6 |  |  |  |  |  |  |
|  | **Итого по ШРА-2** | **55** | **33** | **24,75** | **0,6** |  |  | **33** | **24,75** | **41,25** | **62,67** |

1.8 Выбор токопроводов и защитной аппаратуры для группы потребителей

Рассмотрим РП-1

**1.8.1 Расчетный ток на группу потребителей**

Iр=53,81 А

По длительно допустимому току нагрузки Iд=60 А выбираем кабель АВВГ(316+110) с алюминиевыми жилами в поливиниловой оболочке и изоляции с прокладкой в воздухе в лотке. [2]



Сечение кабеля выбирается исходя из значения расчетного тока и соблюдения следующего условия

Ip<Кп1∙Кп2∙Iд, (1.28)

где Кп1–поправочный температурный коэффициент;

Кп1=1 [2]

Кп2–коэффициент, учитывающий количество прокладываемых кабелей и расстояние между ними;

Кп2=0,9 [2]

Таким образом, получим

53,81<1∙0,9∙60

53,81<55

Следовательно, сечение кабеля удовлетворяет поставленному условию.

На группу потребителей выбирается шкаф навесной распределительный для силовых установок переменного тока ПР8503А-1004 с автоматическими выключателями типа ВА51–31.

Для защиты кабельной линии на группу потребителей выбирается автоматический выключатель ВА51–31 с параметрами [6].

Iна=100 А,

Iнр=63 А,

где Iна – номинальный ток автоматического выключателя, А;

Iнр – номинальный ток расцепителя, А

Должны выполняться следующие условия:

Iна>Ip, 100>53,81

Iнр>Ip, 63>53,81

Ток срабатывания автоматического выключателя ВА51–31 при перегрузке кабельной линии [6]

Iср.пер.=1,35∙Iнр (1.29)

Iср.пер =1,35∙63=85,05 А

Ток срабатывания автомата при коротком замыкании в кабельной линии и проверка его на ложность срабатывания при пуске одного из двигателей при работающих остальных [6]

Iср.кз=10∙Iнр≥1,25 ∙К∙Iр, (1.30)

где К – коэффициент пускового тока

К=6 [1]

10∙63≥1,25∙6∙53,81

630≥403,55

Т.к. условие выполняется, то выключатель выбран правильно.

Проверка выбранного сечения кабеля на соответствие токовой защите [6]

Кп1∙Кп2∙Iд>Кз∙Iнр, (1.31)

где Кз–коэффициент, учитывающий защиту от токов короткого замыкания и токов перегрузки [1]

1∙0,9∙60>0,8∙63

54>50,4

Условие выполняется, значит сечение кабеля выбрано правильно и автомат защиты надежно защищает линию.

Аналогично производится выбор токопроводов и защитной аппаратуры на другие группы потребителей, и данные расчетов сводятся в таблицу 1.6.

Таблица 1.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа  Потребителей | Ip,  А | Iд,  А | Аппарат защиты | | | | | Марка и сечение токопровода |
| Тип | Iна, А | Iнр, А | Iср.пер. | Iср.кз, А |
| РП-1 | 53,81 | 60 | ВА51–31 | 100 | 63 | 85,05 | 630 | АВВГ(316+16) |
| РП-2 | 58,62 | 75 | ВА51–31 | 100 | 63 | 85,05 | 630 | АВВГ(325+110) |
| РП-3 | 56,12 | 75 | ВА51–31 | 100 | 63 | 85,05 | 630 | АВВГ(325+110) |
| РП-4 | 57,49 | 75 | ВА51–31 | 100 | 63 | 85,05 | 630 | АВВГ(325+110) |
| ШРА-1 | 62,67 | 75 | ВА51–31 | 100 | 80 | 108 | 800 | АВВГ(325+110) |
| ШРА-2 | 62,67 | 75 | ВА51–31 | 100 | 80 | 108 | 800 | АВВГ(325+110) |
| Освещение | 75,97 | 120 | ВА51–31 | 100 | 100 | 135 | 1000 | АВВГ(350+125) |
| Аварийное  освещение | 4,34 | 15 | ВА51–31 | 100 | 16 | 21,60 | 160 | АВВГ(32+12) |

**1.9 Выбор токопроводов и защитной аппаратуры для отдельных потребителей**

Рассмотрим: Вентиляция

Расчетный ток на одиночный потребитель

Ip=, (1.32)



где Р=Руст – установленная мощность потребителя, кВт;

ŋ-коэффициент полезного действия отдельного потребителя;

0,875 – коэффициент запаса [1]

Iр= А



По длительно допустимому току выбираем провод с алюминиевыми жилами в поливинилхлоридной изоляцией АПВ(32+12) [2].



Необходимо соблюдение следующего условия

Iр<Кп1∙Кп2∙Iд, (1.33)

где Iд=16 А – допустимый ток

Кп1=1 [1]

Кп2=0,8 [1]

8,24<1∙0,8∙16

8,24<12,8

Для защиты провода на одиночный потребитель выбираем автомат типа АЕ 2026 с параметрами [6]

Uна=660В

Iна=16 А

Iнр=12,5 А

Должны соблюдаться следующие неравенства

Uна>Uс, 660>380

Iна>Iр, 16>8,24

Iнр>Iр, 12,5>8,24

Ток срабатывания автоматического выключателя при перегрузке кабельной линии

Iср.пер.=1,15∙Iнр (1.34)

Iср.пер =1,15∙12,5=14,37 А

Ток срабатывания автомата при коротком замыкании и проверка его на ложность срабатывания

Iср.кз=12∙Iнр≥1,25∙K∙Iрґ (1.35)

12∙16≥1,25∙6∙8,24

150≥61,77

Проверка выбранного сечения провода на соответствие токовой защите

Кп1∙Кп2 ∙Iд>Kз∙Iнр (1.36)

1∙0,8∙16>0,8∙12,5

12,8>10

Условие проверки выполняется, тогда автомат надежно защитит провод.

Аналогично производится выбор токопровода и защитной аппаратуры на другие одиночные потребители, данные расчетов сводятся в таблицу 1.7.

Таблица 1.7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование потребителей | Рн,  кВт | Iр,  А | Iд,  А | Аппарат защиты | | | | | Марка и сечение  токопровода |
| Тип | Iна | Iнр | Iср.пер. | Iср.кз |
| 1. Тестомешальная машина | 4 | 5,86 | 10 | АЕ 2026 | 16 | 8 | 9,2 | 96 | АПВ(32,5+12) |
| 2. Тестомешальная машина HYM 220-H (Турция) | 5,5 | 7,55 | 12 | АЕ 2026 | 16 | 10 | 11,5 | 120 | АПВ(32,5+12) |
| 3. Дежеподъёмник | 2,2 | 3,45 | 8 | АЕ 2026 | 16 | 6,3 | 7,24 | 75,6 | АПВ(32,5+12) |
| 4. Делитель теста | 5,5 | 10,57 | 16 | АЕ 2026 | 16 | 14 | 16,1 | 168 | АПВ(32,5+12) |
| 5. Привод расстоичного шкафа | 1,5 | 4,48 | 8 | АЕ 2026 | 16 | 6,3 | 7,24 | 75,6 | АПВ(32+12) |
| 6. Привод вентилятора | 0,75 | 1,83 | 4 | АЕ 2026 | 16 | 3,15 | 3,62 | 37,8 | АПВ(32+12) |
| 7. Циркуляционный вентилятор | 3 | 5,99 | 10 | АЕ 2026 | 16 | 8 | 9,2 | 96 | АПВ(32+12) |
| 8. Привод печи | 4 | 10,76 | 16 | АЕ 2026 | 16 | 14 | 16,1 | 168 | АПВ(32+12) |
| 9. Привод опрыскивания хлеба | 0,25 | 0,67 | 1,6 | АЕ 2023 | 10 | 1 | 1,15 | 12 | АПВ(32+12) |
| 10. Воздушная завеса | 2 | 5,98 | 10 | АЕ 2026 | 16 | 8 | 9,2 | 96 | АПВ(32+12) |
| 13. Вентиляция | 6 | 8,24 | 16 | АЕ 2026 | 16 | 12,5 | 14,37 | 150 | АПВ(32+12) |

Сопротивления элементов в цепи короткого замыкания в относительных единицах, приведенные к базисным величинам.

Задаемся базисными величинами [3]

Sб=100 МВА

Uб1=115 кВ

Реактивные сопротивления элементов

(1.31)



где –безразмерная величина реактивных сопротивлений элементов;



li – длина участка, км;

х0 – удельное сопротивление;

х0 = 0,4 для воздушной линии [5]

n – количество проходящих линий;

Uср – среднее напряжение, кВ;

=0, т.к.



==



, (1.32)



где Sн–номинальная мощность, МВА



(1.33)



где х0=0,08 для кабельных линий [5]



Активные сопротивления элементов в точке 1

(1.34)



где r0 – удельное активное сопротивление линий

r0=0,26 [5]



(1.35)



где ∆Ркз–потери мощности при коротком замыкании, кВт



Рассчитаем параметры при коротком замыкании в точке К1

Результирующее реактивное сопротивление для участка 1



Результирующее активное сопротивление для участка 1



Результирующее полное сопротивление для участка 1

Так как , то



(1.36)



Базовый ток для точки 1

Iб1=, (1.37)



где Uб=10,5B – базовое напряжение

Iб1= кА



Трехфазный ток короткого замыкания для точки К1

Iпо1= кА (1.38)



Ударный ток для точки К1

iу1=, (1.39)



где ку1 – ударный коэффициент

ку1=1,8 (без учета активного сопротивления) [1]

iу1=кА



Мощность короткого замыкания для точки К1

Sk1= МВА (1.40)



Рассчитаем параметры при коротком замыкании в точке К2

Результирующее реактивное сопротивление для участка 2



Результирующее активное сопротивление для участка 2



Результирующее полное сопротивление для участка 2



Базовый ток для точки 2

Iб2= кА



Трехфазный ток короткого замыкания для точки К2

Iпо2= кА



Ударный ток для точки К2

iу2=,



где ку2=1,8 (без учета активного сопротивления) [1]

iу2= кА



Мощность короткого замыкания для точки К2

Sк2= МВА



**1.11 Выбор высоковольтного кабеля**

**1.11.1 Расчетный ток, протекаемый в кабельной линии**

Iр= (1.41)



Iр= А



**1.11.2 Экономическое сечение кабеля**

Fэ=, (1.42)



где Fэ – экономическое сечение кабеля, мм2

jэ – экономическая плотность тока, А/мм2

jэ=1,4 А/мм2 [2]

Fэ= мм2



По длительно допустимому току для прокладке в воздухе с t=25оС выбираем кабель с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке АСБ(335), сечение которого F=35 мм2 [2]



Fэ<F

7,65<35

**1.11.3 Проверка кабеля по току короткого замыкания на термическую стойкость**

Минимальное сечение, устойчивое к токам КЗ

Fmin=, (1.40)



где Fmin – минимальное сечение, устойчивое к токам КЗ, мм2;

tоткл – время отключения кабеля при КЗ, с;

tоткл=0,12 с [5]

Та – постоянная затухающая для апериодического тока КЗ, с;

Та=0,01 с [5]

с – постоянный коэффициент;

с=85 [5]

Fmin= мм



Условие проверки на термическую стойкость к токам КЗ Fmin<F выполняется, т.к. 4,18<35, значит кабель, устойчив к токам КЗ.

**1.11.4 Проверка выбранного сечения кабеля по потерям напряжения**

∆U=, (1.41)



где ∆U – потери напряжения, %;

l – длина кабельной линии, км

∆U=



Условие проверки ∆U<∆Uд выполняется, т. к. 0,084%<5% [9].

Окончательно выбираем кабель АСБ(335) [2].



**1.12 Выбор выключателя и выключателя нагрузки**

**1.12.1 Выбор вакуумного выключателя**

Таблица 1.8

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетные данные | Паспортные данные |
| Uн=6 кВ | Uну=6,3кВUн=6,3кВ |
| Ip=10,71 А | Iн=400А>Iр=10,71А |
| Iкз=0,99 кА | Iоткл=4кА>Iкз=0,99кА |
| Вк=0,13 к | Iтерм=4кА, tтерм=4c  42∙40,13 |
| iуд=2,54 кА | iдин=10кАiуд =2,54кА |

Выбираем BB/TEL-6–4/400-У2

**1.12.2 Выбор выключателя нагрузки**

Для коммутации электрических цепей в номинальном режиме перегрузки используется выключатель нагрузки, имеющий облегченную конструкцию дугогасительной камеры и меньшую стоимость.

Таблица 1.9

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетные данные | Паспортные данные |
| Uн=6 кВ | Uну=6 кВ |
| Ip=10,71 A | Iн=40А>Ip=10,71A |
| Iуд=2,51 кА | Iуд=10кА>iуд=2,51кА |

Выбираем ВНПу-6/80–17УЗ

где П – пружинный

у – с усиленной контактной схемой;

УЗ – климатическое исполнение

Выбираем предохранитель ПК-101–6–10–31.5–40УЗ [6]

Таблица 1.10

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетные данные | Паспортные данные |
| Uн=6 кВ | Uну=6 кВ |
| Ip=10,71 A | Iн=2кА>Ip=10,71A |
| Iкз=0,99 кА | Iоткл=20кА>Iкз=0,99кА |

Произведенный расчет выполнен в соответствии с действующими нормативными документами и инструкциями по ПТЭ и ПТБ.

**2. Расчет защитного заземления и заземляющих устройств**

Заземляющим устройством называют совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Заземлителем называют металлический проводник или группу проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющими проводниками называют металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановок с заземлителем.

Заземляющие устройства должны удовлетворять требованиям обеспечения безопасности людей и защиты электроустановок, а также обеспечения эксплуатационных режимов работы. Все металлические части электрооборудования и электроустановок, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции, заземляют. Каждый элемент установки, подлежащий заземлению, присоединяют к заземлителю или к заземляющей магистрали с помощью отдельного заземляющего проводника.

Сопротивление заземляющего устройства согласно ПУЭ не должно превышать 4 Ом, а в электроустановках с суммарной мощностью параллельно работающих генераторов и трансформаторов 100 кВА и ниже оно не должно быть больше 10 Ом. Расчет заземляющих устройств сводится главным образом к расчету собственно заземлителя, т.к. заземляющие проводники в большинстве случаев принимаются по условиям механической прочности и устойчивости к коррозии. Исключение составляют лишь установки с выносным заземляющим устройством. В этих случаях рассчитывают последовательно сопротивление соединительной линии и сопротивление заземлителя, чтобы суммарное не превышало расчетного.

**2.1 Расчет сопротивления заземлителя**

Устанавливается необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства Rз. Если заземляющее устройство является общим для нескольких электроустановок, то расчетным сопротивлением заземляющего устройства является наименьше из требуемых.

(2.1)



где расчетное напряжение на заземляющем устройстве принято равным 125 В, т.к. заземляющее устройство используется также для установок подстанции до 1000 В.

I=42 А – наибольший ток через заземление при замыкании на землю со стороны 6 кВ.

Ом



Согласно ПУЭ Rз4 Ом; 2,974



**2.2 Заземляющие устройства**

Заземляющее устройство выполним в виде контура, проложенного на глубине 0,7 м, состоящего из вертикальных электродов диаметром 20 мм длиной 2 м и приваренных к их верхним концам горизонтальных электродов из стали диаметром 20 мм на расстоянии друг от друга 4 м.

Общая длина полосы l= м, предварительное количество стержней 46.



**2.3 Расчет удельного сопротивления грунта**

Определения удельного сопротивления грунта с учетом повышающих коэффициентов, учитывающих высыхание грунта летом и промерзание его зимой.

Срасч=кс∙с, (2.2)

где срасч – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом∙м;

с – удельное сопротивление грунта, измеренное при нормальной влажности, Ом∙м;

с=100 Ом∙м для суглинка [6]

кс– коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта;

кс=1,15–1,45 – для вертикальных электродов [6]

кс=2,0–3,5 – для горизонтальных электродов [6]

**2.3.1 Расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных электродов**

срасч.в=1,25∙100=125 Ом∙м

**2.3.2 Расчетное сопротивление грунта для горизонтальных электродов**

срасч.г=3∙100=300 Ом∙м

**2.4 Сопротивление растекания одного вертикального электрода**

, (2.3)



где rв – сопротивление одного вертикального заземлителя, Ом;

l – длина заземлителя, м;

d – диаметр электрода, м;

t – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя, м

Ом



Определяется необходимое количество стержней.

, (2.4)



где nв – количество вертикальных стержней;

ŋв– коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящих от расстояния между ними а, их длины l и количества [7]

ŋв=0,55 для а/l=2 и n=46



Определяется сопротивление горизонтальных заземлителей

, (2.5)



где l – длина полосы, м

rг= Ом



Определяется сопротивление полосы в контуре

, (2.6)



где зг– коэффициент использования соединительной полосы в контуре из вертикальных электродов; [7]

зг=0,29 при а/l=2 и n=46

Ом



Определятся необходимое сопротивление вертикальных заземлителей

Ом



**2.5 Уточнение количества стержней**



Т.о. окончательно принимаем nґв=42.

Произведенный расчет выполнен в соответствии с действующими нормативными документами и инструкциями по ПТЭ и ПТБ ООО «Пальмира».

**3. Тепловые расчеты**

**3.1 Определение теплопотерь через ограждения цеха по производству хлебобулочных изделий**

**3.1.1 Определение теплопотерь через наружные стены**

В данной работе при определении тепловых потерь через наружные стены рассматриваем участок цеха по производству хлебобулочных изделий. Здание цеха является одноэтажным. Расчетную температуру наружного воздуха принимаем равной tнар=-220С; расчетную температуру воздуха внутри помещения принимаем равной tвн=250С.

Боковые наружные стены помещения изготовлены из кирпича на тяжелом растворе; с внутренней стороны стены покрыты известковой штукатуркой, с внешней – цементной штукатуркой.

δнар=0,025 м λнар=1,16 Вт/(м0С)

δк=0,64 м λк=0,81 Вт/(м0С)

δвн=0,015 м λвн=0,7 Вт/(м0С)

Степень черноты наружной поверхности ε=0,9.

Высота здания h=7 м. Скорость ветра W=15 м/с.

Термическое сопротивление многослойной стенки

(3.1)



Термическое сопротивление у внутренней поверхности стенки

Принимаем температуру внутренней поверхности стенки tвн.ст=7,416 0С

При внутренней температуре имеем следующие физические свойства воздуха: tвн=250С – Число Прандтля Pr=0,7036.

Коэффициент кинематической вязкости воздуха ν=14,79∙10-6 м2/0С.

Коэффициент теплопроводности воздуха λ=2,566∙10-2 Вт/(м0С).

Критерий Грасгофа:

, (3.2)



где βв-коэффициент объемного расширения воздуха

βв=1/(273+tвн)

Δt – перепад температур Δt=tвн – tвн.ст

,



l=h – высота здания

Произведение критерия Грансгофа на число Прандтля равно:



При (Gr∙Pr)>109 имеем турбулентный режим.

Определим конвективный коэффициент теплоотдачи при естественной циркуляции воздуха

, (3.3)



,



где h – высота здания.

Термическое сопротивление на внутренней поверхности стенки

, (3.4)



Термическое сопротивление на наружной поверхности здания

Коэффициент теплоотдачи

αнар=αк.нар+αл, (3.5)

где αк.нар – конвективный коэффициент теплоотдачи

αл – коэффициент теплоотдачи излучением

Пусть температура наружной поверхности стены tнар.ст= – 21.164 0С

αк=f(Re)

Критерий Рейнольдса:

Re = (W∙L)/ν, (3.6)

где W – скорость ветра, W=15 м/с;

L – высота здания, L=7 м.

Физические свойства воздуха при tнар= – 220С:

коэффициент кинематической вязкости воздуха ν=11,704∙10-6 м2/с;

коэффициент теплопроводности воздуха λ=2,264∙10-2 Вт/(м2∙С).



Число Прандтля Pr=0,7174

, (3.7)



, (3.8)



, (3.9)



При Re > 5∙105 критерий Нуссельта можно определить по формуле:

где С=5,7 Вт/(м2К4) – коэффициент излучения абсолютно – черного тела

ε=0,9 – степень черноты стены.



Проверка температуры наружной и внутренней поверхности стенки

R=Rвн+R+Rнар

R=0,28+0,8331+0,024=1,138 (м2∙С)/Вт

Температура наружной поверхности стенки

tнар.п=tнар+((tвн-tнар)∙Rнар)/R

tнар.п=-22+((25+22)∙0,024)/1,138=-21,1770С

Δt – расхождение в заданной и полученной температуре не превышает 0,50С, следовательно дальнейших приближений делать не надо.

tвн.п=tвн – ((tвн – tнар)∙Rвн)/R

tвн.п=25 – ((25+22)∙0,28)/1,138=7,4040С

Δt – расхождение в заданной и полученной температуре не превышает 0,5 0С, следовательно дальнейшие приближения делать не надо.

Общие теплопотери для цеха

Q=(F∙Δt)/R

где F – поверхность боковых стен цеха, соприкасающихся с наружным окружающим воздухом; F=519,345 м2

Δt – перепад температур; Δt=25 – (–22)=47 0С

R – общее термическое сопротивление; R=1,138 (м2∙С)/Вт

Q=(519,345∙47)/1,138=17798,29 Вт

Общие теплопотери через стены цеха составляют Qст=17798 кВт

**3.2 Расчет теплопотерь через окна**

**3.2.1 Термическое сопротивление воздушной прослойки**

В данном случае мы имеем дело с трехслойной плоской стенкой. Два слоя стекла имеют толщину 1,5 мм. Ввиду весьма малой толщины стекол их термическим сопротивлением пренебрегаем, а учитываем только воздушную прослойку, толщина которой δ=0,08 м. Ради облегчения расчета сложный процесс конвективного теплообмена в воздушной прослойке заменяется на элементарное явление теплопроводности, вводя при этом понятие эквивалентного коэффициента теплопроводности λэкв.

Если разделить λэкв на коэффициент теплопроводности воздуха λ, то получим безразмерную величину ε=λэкв/λ, которая характеризует собой влияние конвекции и называется коэффициентом конвекции.

ε=f (Gr∙Pr)

Критерий Грасгофа



где βв-коэффициент объемного расширения воздуха

βв=1/(273+tср)

Δt – перепад температур Δt=tвн.п – tнар.п

δ=0,08 м – толщина воздушной прослойки

g=9,81 м/с2 – ускорение свободного падения

Допустим, что температура наружной поверхности окна tнар.п= – 20,938 0С, а температура внутренней поверхности окна tвн.п=4,115 0С, тогда средняя температура воздушной прослойки.

tср=0,5 (tнар.п+ tвн.п)=0,5 (–20,938+4,115)= – 8,4115 0С

При этой температуре физические свойства воздуха:

коэффициент теплопроводности воздуха λ=2,373∙10-2 Вт/(м0∙С)

коэффициент кинематической вязкости воздуха ν=12,57∙10-6 м2/с

Число Прандтля Pr=0,7112



Произведение критерия Грасгофа на число Прандтля равно:



При (Gr∙Pr)>103

, (3.10)



Эквивалентный коэффициент теплопроводности воздушной прослойки

λэкв=6,89∙2,373∙10-2=0,163 Вт/(м0∙С)

Термическое сопротивление воздушной прослойки

Rпр=δ/λэкв

Rпр=0,08/0,163=0,49 (м2∙0С)/Вт

**3.2.2 Термическое сопротивление у внутренней поверхности окна**

Внутри здания всегда наблюдается естественная циркуляция воздуха. Известно, что конвективный коэффициент теплоотдачи при естественной циркуляции воздуха:

αк.вн=f (Gr∙Pr)

Найдем эти критерии при температуре воздуха в помещении tвн=250С и высоте окна l=3 м.

Критерий Грасгофа



где βв-коэффициент объемного расширения воздуха

βв=1/(273+tвн)

Δt – перепад температур Δt=tвн – tвн.п

l=3 м – высота окна

При температуре tвн=250С коэффициент кинематической вязкости воздуха

ν=14,79∙10-6 м2/с



Ускорение силы тяжести g=9,81 м/с2

Критерий Прандтля при tвн=250С равен Pr=0,7036

Произведение критерия Грасгофа на число Прандтля равно:

При (Gr∙Pr)>109 имеем турбулентный режим

Определим конвективный коэффициент теплоотдачи при естественной



, (3.11)



где l – высота окна.

Коэффициент теплопроводности воздуха при tвн=250С λ=2,566∙10-2 Вт/(м2∙0С)



Термическое сопротивление на внутренней поверхности стенки



**3.2.2 Термическое сопротивление на наружной поверхности здания**

Коэффициент теплоотдачи

αнар=αк.нар+αл

где αк.нар – конвективный коэффициент теплоотдачи

αл – коэффициент теплоотдачи излучением

Пусть температура наружной поверхности стены tнар.ст= – 20.938 0С

αк=f(Re)

Критерий Рейнольдса:

Re =(W∙L)/ν

где W – скорость ветра, W=15 м/с

L – высота окна, L=3 м

Физические свойства воздуха при tнар= – 220С:

коэффициент кинематической вязкости воздуха ν=11,704∙10-6 м2/с

коэффициент теплопроводности воздуха λ=2,264∙10-2 Вт/(м2∙С)

Число Прандтля Pr=0,7174



При Re > 5x105 критерий Нуссельта можно определить по формуле:



где С=5,7 Вт/(м2∙К4) – коэффициент излучения абсолютно – черного тела ε=0,937 – степень черноты гладкого стекла

**3.2.3 Проверка наружной и внутренней поверхности окна**

Общее термическое сопротивление

R=Rвн+R+Rнар

R=0,252+0,49+0,021=0,763 (м2∙С)/Вт



Температура наружной поверхности стенки

tнар.п=tнар+((tвн-tнар)∙Rнар)/R

tнар.п=–22+((25+22)∙0,021)/0,763=–20,927 0С

Δt – расхождение в заданной и полученной температуре не превышает 0,50С, следовательно дальнейших приближений делать не надо.

tвн.п=tвн – ((tвн – tнар)∙Rвн)/R

tвн.п=25 – ((25+22)∙0,252)/0,763=4,12 0С

Δt – расхождение в заданной и полученной температуре не превышает 0,5 0С, следовательно дальнейшие приближения делать не надо.

**3.2.4 Общие теплопотери для цеха**

Q=(Fок ∙Δt)/R

где Fок – поверхность окон цеха; Fок=90 м2

Δt – перепад температур; Δt=25 – (–22)=47 0С

R – общее термическое сопротивление; R=1,138 (м2∙С)/Вт

Q=(90∙47)/0,763=4600,26 Вт

Общие теплопотери через окна цеха составляют Qок=4,6 кВт

**3.3 Расчет теплопотерь через потолок**

Потолок изготовлен из бетонных плит, покрытых сверху двойным слоем рубероида на битумной мастике.

Для бетонной плиты коэффициент теплопроводности λ1=1,28 Вт/(м∙0С), толщина δ1=300 мм. Для битумной мастики λ2=0,23 Вт/(м∙0С), δ2=2 мм.

Для рубероида λ3=0,174 Вт/(м∙0С), δ3=4 мм.

Степень черноты наружной поверхности ε=0,9, скорость ветра W=15 м/с;

Температура наружного воздуха tнар=-220С, температуру воздуха под чердачным перекрытием принимаем на 30С выше, чем в рабочей зоне (tраб=250С) tвн=28 0С.

**3.3.1 Термическое сопротивление многослойной стенки**



**3.3.2 Термическое сопротивление у внутренней поверхности стенки**

Принимаем температуру внутренней поверхности стенки tвн.ст=1,35 0С

При внутренней температуре имеем следующие физические свойства воздуха: tвн=280С – Число Прандтля Pr=0,703

Коэффициент кинематической вязкости воздуха ν=15,06∙10-6м2/0С.

Коэффициент теплопроводности воздуха λ=2,59∙10-2Вт/(м0∙С).

Критерий Грасгофа



где βв-коэффициент объемного расширения воздуха

βв=1/(273+tвн)

Δt – перепад температур Δt=tвн – tвн.ст



Произведение критерия Грасгофа на число Прандтля равно:

При (Gr∙Pr)>109 имеем турбулентный режим.

Определим конвективный коэффициент теплоотдачи при естественной циркуляции воздуха



где h – ширина потолка.

Термическое сопротивление на внутренней поверхности стенки



**3.3.3 Термическое сопротивление на наружной поверхности здания**

Коэффициент теплоотдачи



αнар=αк.нар+αл

где αк.нар – конвективный коэффициент теплоотдачи;

αл – коэффициент теплоотдачи излучением.

Пусть температура наружной поверхности стены tнар.ст= – 20 0С

αк=f(Re)

Критерий Рейнольдса

Re = (W∙L)/ν

где W – скорость ветра, W=15 м/с

L=15 м – ширина потолка.

Физические свойства воздуха при tнар= – 220С:

коэффициент кинематической вязкости воздуха ν=11,704∙10-6 м2/с

коэффициент теплопроводности воздуха λ=2,264∙10-2 Вт/(м2∙С)



При Re > 5x105 критерий Нуссельта можно определить по формуле:



где С=5,7 Вт/(м2∙К4) – коэффициент излучения абсолютно-черного тела

ε=0,96 – степень черноты потолка.

**3.3.4 Проверка температуры наружной и внутренней поверхности стенки**



R=Rвн+R+Rнар

R=0,232+0,27+0,0278=0,5298 (м2С)/Вт

Температура наружной поверхности стенки

tнар.п=tнар+((tвн–tнар)∙Rнар)/R

tнар.п=–22+((28+22)∙0,0278)/0,5298=–19,8 0С

Δt – расхождение в заданной и полученной температуре не превышает 0,50С, следовательно дальнейших приближений делать не надо.

tвн.п=tвн – ((tвн – tнар)∙Rвн)/R

tвн.п=28 – ((28+22)∙0,232)/0,5298=1,6 0С

Δt – расхождение в заданной и полученной температуре не превышает 0,5 0С, следовательно дальнейшие приближения делать не надо.

**3.3.5 Общие теплопотери для цеха**

Q=(Fпов∙Δt)/R

где Fпов – поверхность боковых стен цеха, соприкасающихся с наружным воздухом;

Δt – перепад температур; Δt=28 – (–22)=50 0С;

R – общее термическое сопротивление; R=0,5298 (м2∙С)/Вт.

Q=(5915∙50)/0,5298=70158,55 Вт

Общие теплопотери через стены цеха составляют Qпт=70,159 кВт.

**3.4 Расчет теплопоступлений в цех**

**3.4.1 Теплопоступления от станков**

Таблица 3.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование потребителя | Рн, кВт |
| 1 | Тестомешальная машина | 4 |
| 2 | Тестомешальная машина HYM 220-H (Турция) | 5,5 |
| 3 | Дежеподъёмник | 2,2 |
| 4 | Делитель теста | 5,5 |
| 5 | Привод расстоичного шкафа | 1,5 |
| 6 | Привод вентилятора | 0,75 |
| 7 | Циркуляционный вентилятор | 3 |
| 8 | Привод печи | 4 |
| 9 | Привод опрыскивания хлеба | 0,25 |
| 10 | Воздушная завеса | 2 |
| 11 | Освещение | 35 |

Общая мощность станков Nобщ=261,7 кВт

Теплопоступления от станков можно определить по формуле:

Qст=N∙n1∙n2∙n3∙n4, (3.12)

где N – общая наименьшая мощность электропривода станков;

n1 – коэффициент использования мощности электродвигателя;

n2 – коэффициент одновременности работы электродвигателей;

n3 – коэффициент загрузки (отношение величины среднего потребления мощности к максимально необходимой);

n4 – коэффициент характеризующей какая часть энергии превратилась в тепловую и осталась в помещении;

Для приближенных вычислений теплопоступлений в цеха по производству хлебобулочных изделий принимают:

n1∙n2∙n3∙n4=0,25 – при работе станков без охлаждающей эмульсии; [2]

n1∙n2∙n3∙n4=0,2 – при работе станков с охлаждающей эмульсией (охлаждающая эмульсия применяется для крупных токарных станков, фрезерных, расточных, круглошлифовальных и плоскошлифовальных станков).

Qст=N∙0,25, (3.13)

Qст=261,7∙0,25= 65,43 кВт

**3.4.2 Теплопоступления от искусственного освещения**

Qосв=N∙η (3.14)

где N – суммарная мощность источников освещения на данном участке цеха;

N=35 кВт

η – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую. η=0,95

Qосв=35∙0,95= 33,25 кВт

**3.4.3 Теплопоступления от людей, работающих в цеху по производству хлебобулочных изделий**

Работы в цеху относятся к категории работ средней тяжести – 2Б. При этом затраты энергии для одного человека составляют 200 – 250 ккал/ч. [8]

Общее теплопоступление от работников цеха можно посчитать по формуле:

Qч=Nч∙qч, (3.15)

где qч – тепловыделение от одного человека qч =200 ккал/ч;

Nч – минимальное количество работников данного цеха одновременно находящихся на своих рабочих местах Nч=30;

Qч=30∙200=6000 ккал/ч или Qч= 6960 Вт

**3.4.4 Общее теплопоступление в цех по производству хлебобулочных изделий**

Qпост=Qст+Qосв+Qч

Qпост=65,43+33,25+6,96=105,64 кВт

**3.5 Расчет теплопотерь через полы**

Рассчитаем теплопотери через неутепленные полы, расположенные на грунте.

Толщина плиты перекрытия δ=0,2 м, теплопроводность λ=1,92 Вт/(м0∙С)

Ширина пола Н=15 м, длина пола L=59 м

Для неутепленных полов термическое сопротивление:

Для первой зоны RH1=2,15 (м0∙С)/Вт.

Для второй зоны RH2=4,3 (м0∙С)/Вт.

Для третьей зоны RH3=8,6 (м0∙С)/Вт.

Для четвертой зоны RH4=14,2 (м0∙С)/Вт.

Определим площади зон:

Площадь первой зоны F1=4∙(L+H)=4∙(15+59)=296 м2.

Площадь второй зоны F2=4∙(L+H – 12)=248 м2.

Площадь третьей зоны F3=4∙(L+H – 20)=216 м2.

Площадь четвертой зоны F4=3∙47=141 м2.

Площадь четвертой зоны можно определить следующим образом:

F4=Fобщ – F1 – F2 – F3 + 4∙2∙2=885 – 296 – 248 – 216 – 16=141 м2

, (3.16)



Теплопотери через полы составляют Qп=8,985 кВт.

**3.6 Потери тепла с инфильтрацией**

Определим расход тепла на инфильтрацию воздуха. В производственных помещениях расход тепла на нагрев холодного воздуха, поступающего вследствие инфильтрации через притворы окон, дверей, ворот доходят до 30 – 40% от основных теплопотерь. Затраты тепла на нагревание инфильтрационного воздуха, когда все щели в окнах и дверях уплотнены, рассчитывают путем увеличения на 5 – 10% отопительной нагрузки здания.

В нашем случае, нельзя сказать, что все щели в окнах и дверях уплотнены. К тому же, в данном цехе по производству хлебобулочных изделий имеются достаточно большие светопрозрачные ограждения, которые являются источником наиболее интенсивного охлаждения помещений.

Ворота на данном участке являются двойными. Исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующий вывод: потери тепла с инфильтрацией для данного цеха по производству хлебобулочных изделий составляют 2% от основных теплопотерь через ограждения.

Qпот=Qок+Qст+Qпол+Qпотол+Qвор

Qпот=4,6+17,798+8,985+64,48+1,966=97,82 кВт

Qинф=0,02∙97,829=1,95 кВт

**3.6.1 Определение суммарных теплопотерь**

цех мощность теплоснабжение теплопотери

Qпотерь=Qст+Qок+Qпп+Qвор+Qпт+Qинф

где Qст – теплопотери через стены;

Qок – теплопотери через окна;

Qпол – теплопотери через полы;

Qпт – теплопотери через потолок;

Qвор – теплопотери через ворота;

Qинф – потери тепла с инфильтрацией;

Qпот=17,79+4,6+8,98+70,15+1,96+1,95=147,719 кВт

**3.6.2 Определение расчетной тепловой нагрузки**

Qот=Qпот – Qпост

где Qпост – теплопоступления в цех;

Qот=147,719 – 105,64=42,079 кВт.

## **Заключение**

Реконструкция действующей схемы электроснабжения цеха по производству хлебобулочных изделий позволяет значительно повысить надежность электроснабжения и производительность труда цеха. Усовершенствованная схема дает возможность сократить время простоя основного технологического оборудования при выводе его из работы в ремонт или при аварийных ситуациях.

В данной работе предусмотрена реконструкция действующей трансформаторной подстанции, то есть демонтаж этой подстанции с щитом управления и введение в работу комплектной ТП с запиткой РП и единичных электроприемников цеха с шин КТП. Это позволяет экономить средства и обеспечивает полное заполнение электрической схемы цеха. Повышенная схема электроснабжения ведет к снижению амортизационных отчислений на ремонт и эксплуатацию технологического оборудования. Предложенная схема обеспечивает бесперебойное питание потребителей даже в пик нагрузок.

Оптимизация системы промышленного электроснабжения заключается в рациональном принятии решений по выбору сечений кабелей и проводов, защитной аппаратуры (автоматических выключателей). Это даст предприятию дополнительные средства за счет сокращения непроизводственных расходов, что ведет к увеличению выпускаемой продукции ООО «Пальмира».

### Список литературы

1. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. СН и П II – 4 – 79. – М.: Стройиздат, 1980.
2. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1992.-385 с.
3. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок.-М.: Энергоатомиздат, 1989.–528 с.
4. Липкин Б.Ю. Энергоснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990.–496 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989.–608 с.
6. Ойфман С.В., Самойлович Г.В. Каталог информэлектро. - М.: Информэлектро, 1987.
7. Райцельский Л.А. Справочник по осветительным сетям. – М.: Энергия, 1977–288 с.
8. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций.-М.: Энергия, 1980.–600 с.
9. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. В 2-х т. Т.1-М.: Энергия, 1973.–520 с.
10. Федоров А.А., Старкова А.Е. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию - М.: Энергоатомиздат, 1987.–368 с.
11. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Под. Ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.